

Las rocas graníticas y la mineralización aurífera asociada, en la Cordillera Oriental del norte del Perú, 6° 30' - 7° 30'

The granitic rocks and associated auriferous mineralization, in the Eastern Cordillera of North Peru, 6° 30' - 7° 30'

Agapito Wilfredo Sánchez Fernández¹

RESUMEN

En la parte norte del Perú entre el río Marañón y la Cordillera Oriental en el Norte del Perú se encuentra el Batolito Gollón - Callangate conformado por cuerpos plutónicos discontinuos a lo largo de 100 km, entre Santo Tomás y Bambamarca, tiene como hospedantes rocas metamórficas del Complejo del Marañón y rocas sedimentarias del Paleozoico inferior.

El Batolito está conformado por las unidades Gollón, Balsas, Lavador, Los Alisos, que son en su mayoría granodioritas a tonalitas de grano medio y las unidades Abra Chanchillo, Yalen, Enaben, Callangate y Chacanto cuya composición modal corresponde esencialmente a granitos (monzogranitos - sienogranitos). Las texturas y estructuras son primarias e isotropas y los minerales comunes son: plagioclasas, feldespato K, cuarzo, biotita y hornablenda, y como accesorios más comunes: apatito, zircón, magnetita y otros óxidos.

En las unidades Gollón, Lavador, esquistos del Complejo del Marañón y pelitas pizarrosas consideradas como Formación Contaya, se encuentran vetas de cuarzo con contenidos de oro. Las vetas de cuarzo Au en rocas graníticas son mas frecuentes, siguen en general la dirección NO - SE con inclinaciones de 30° a 75° al NE sus grosores de 0,2 m a 1,2 m. Las vetas en el complejo metamórfico son muy irregulares, concuerdan con la esquistosidad N 40° - 50° O inclinadas al NE (El Reo y Horabuena).

Las vetas de cuarzo Au representan tres estadios en su proceso de formación, el inicial con cuarzo lechoso, rutilo; la etapa I donde el cuarzo gris se infiltra conjuntamente con sulfuros (pirita, esfalerita, calcopirita, moscovita en la alteración), luego en el estadio II las soluciones precipitan cuarzo gris, galena, con sulfosales, electrum, oro y plata nativa. Posteriormente la infiltración meteórica da lugar a alteración supérgena que ocasiona la formación de covellita, hematita-limonitas, hidróxidos de manganeso, carbonatos.

Los elementos mayores expresados a través de los diagramas AFM, y el contenido de SiO₂ versus K₂O + Na₂O y K₂O indican que las rocas graníticas del Batolito de Gollón - Callangate son calco alcalinas, subalcalinas y en su mayoría con alto contenido de K. Mientras que los elementos traza generan un gráfico tipo araña, representativo de una tendencia de evolución calco alcalina característica de un ambiente de subducción.

Las rocas plutónicas según las relaciones de yacencia se han emplazado entre el Misissipiano Inferior - Pensilvaniano inferior, y algunas dataciones K-Ar publicadas (Sánchez A., 1995) rinden edades de 346 a 329 millones de años para en las unidades Balsas y Callangate. La mineralización de oro debe haberse emplazado luego de la formación de las rocas ígneas en el Pensilvaniano temprano, por correlación con aquella mineralización de Pataz.

Las estructuras con mayor potencial en contenido de Au son aquellas que se encuentran en las granodioritas y tonalitas de grano medio, siguiendo la estructura regional; así mismo aquellas que se encuentran en los esquistos verdes asociados con diques máficos.

Palabras clave: Batolito, Estructura, Mineralización, Geoquímica.

ABSTRACT

In the northern part of Peru, between Marañón river and the Eastern Cordillera is located the Gollón - Callangate Batholith shaped by discontinuous plutonic bodies along 100 kilometers, from Santo Tomas to Bambamarca. Its host are metamorphic rocks of the Marañón Complex and sedimentary rocks of Lower Paleozoic age.

¹ Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales - RED DESIR.
Docente de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mail: asanchez@ingemmet.gob.pe, asanchez1808@yahoo.com

The batholith has as components mainly medium grain sized granodiorites to tonalites (Gollón, Balsas, Lavador and Los Alisos units) monzogranites (Abra Chanchillo, Yalen, Enaben, Callangate units) and syenogranites (Chacanto unit). Their textures and structures are primary, isotropic. The most common minerals are: plagioclase, K feldspar, quartz, biotite, hornblende, and apatite, zircon, magnetite as accessories.

In the units Gollón, Lavador, schists of Marañón Complex and slaty pelites (Contaya Formation) are found seams of quartz with Au contents. Quartz veins with Au contents are more frequent in granitic rocks, in general follow a NW - SE trend with inclinations of 30° to 75° towards the NE and thickness between 0.2 to 1.2 meters. The veins in the metamorphic complex are irregular, agree with schistosity N 40° - 50° W, inclined to NE (El Reo and Horabuena).

Au quartz veins have three stages of formation, initial stage with milky quartz, rutile, stage I gray quartz with sulphides (pyrite, sphalerite, calcopyrite, muscovite in alterations), then in stage II solutions precipitate gray quartz, galena, sulfosales, electrum, native gold and silver. Later supergene alteration give as a result formation of covellite, hematite-limonite, manganese hydroxides, carbonates.

Major elements expressed as AFM diagram, and SiO₂ plotted against K₂O + Na₂O y K₂O indicate that granitic rocks from the Gollón - Callangate Batholith are calc alkaline, subalkaline and mainly have high K content. Meanwhile trace elements in an spider diagram generates a graphic interpreted as typical of subduction environment.

Plutonic rocks of the Gollón Callangate Batholith according fields relationships are Lower Mississippian - Lower Pensilvanian, Some radiometric published data (Sánchez A., 1995) have given ages of 346 - 329 million years for the Balsas and Callangate Units. Gold mineralization should have been emplaced during early Pensilvanian, after a correlation with Pataz area.

Major potential structures related to gold content are those located in tonalites -granodiorites of medium grain, following regional structure. Likewise those veins in greenschists associated with mafic dikes.

Keywords: Batholith, Structure, Mineralization, Geochemistry.

INTRODUCCIÓN

Presentación

Los Andes Centrales y del Norte configuran la imponente orografía que caracteriza al territorio peruano, donde se diferencian claramente las cordilleras occidental y oriental, la primera recorre paralela al litoral constituyendo la divisoria continental de las aguas que drenan al Océano Pacífico y aquellas que drenan al Océano Atlántico, en ella se encuentran esencialmente rocas mesozoicas y cenozoicas tipo volcánicas, plutónicas y sedimentarias, asociadas al arco magmático del mesozoico-cenozoico con el que se relacionan la mayor cantidad de depósitos de Cu, Ag, Pb, Zn, Au, y otros, a modo de pórfidos Cu-Au-Mo, skarn Cu-Zn-Au, sulfuros masivos volcanogénicos, vetas, mantos y chimeneas de baja y alta sulfuración con Cu-Ag-Au-Pb-Zn, vetas y disseminaciones de Sn-W-Ag-Sb. Considerada como el resultado del ejemplo típico de convergencia relacionada a la subducción de la placa oceánica.

A lo largo de la Cordillera Oriental se encuentran rocas plutónicas de gran extensión conformando diversos batolitos del Paleozoico superior. Mineralización de Au en vetas de cuarzo, se ha descrito en el Batolito de Pataz (Schreiber et. al., 1990), localizado al SE del área de estudio. Allí se han explotado desde la época incaica y durante los últimos 100 años más de 16 minas subterráneas distribuidas entre Pataz, Parcoy y Buldibuyo, que han producido 6 millones de onzas de oro y se estima que sus reservas ascienden a 40 millones considerando la totalidad del cinturón (Haeberlin Y., 2002).

La zona de estudio se extiende siguiendo el alineamiento del Batolito de Pataz y de la Cordillera Oriental, en ella existen rocas graníticas emplazadas dentro del Complejo del Marañón y las rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico inferior y superior, que pueden tener mineralización y rasgos similares a aquellos del Batolito de Pataz. Se ha cartografiado y estudiado la petrografía y geoquímica de dichas rocas graníticas.

Conocimientos previos

La geología regional y estratigrafía de la cuenca Cajamarca ubicada al oeste del Marañón ha sido estudiada por Steinmann G. (1930), Broggi J. A. (1942), Tafur I. (1950), Benavides V. (1956), Wilson J. (1963), Reyes L. (1980). La estratigrafía de rocas calcáreas del Permiano Inferior y del Triásico Jurásico inferior (Grupo Pucará) ha sido estudiada por diversos autores entre ellos Tilmann N. (1917), Jaworski E. (1922), Steinmann G. (1930), Weaver C. E. (1942), Robert J.G. en Newell et. al. 1953), Kummel B. (1950), Geyer O. (1979), Hillebrandt A.V. (1981), Loughman D., Hallam A.V. (1982), Prinz P. (1985), etc.

El Boletín N° 56 de la serie A publicado en 1995 por el INGEMMET titulado: «*Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar*». Autor: A. Sánchez F. Establece la estratigrafía regional, desde el Complejo del Marañón, unidades del Paleozoico inferior y superior y poniendo en evidencia las secuencias volcánicas del Paleozoico superior

que corresponden a la Formación Lavasen descrita por Wilson & Reyes en 1964, como una unidad volcánica del Terciario. Ha diferenciado algunas unidades plutónicas al norte de la provincia de Pataz, con edades K - Ar de 346 y 329 millones de años.

No hay estudios acerca de la Mineralización en el área del presente estudio (Fig. 1), pero si en el área vecina de Pataz-Buldibuyo. Han documentado las características de la mineralización aurífera, su distribución y el contexto geológico local, Tarnawiecki,

C. (1929), Bellido, E. y De Montreuil, L. (1972), Argüelles, V. y Vidal, C. (1982), etc.; en 1990, Schreiber D., L. Fontboté, and D. Lochmann (1990), MacFarlane A., Tosdal R., Vidal C., y Paredes J. (1999). Haerberlin Y. (2002). Se ha datado el Batolito de Pataz, la mineralización y se ha establecido el tipo, origen y fuente de la mineralización, estableciendo una comparación con otros yacimientos similares en otras partes del mundo.

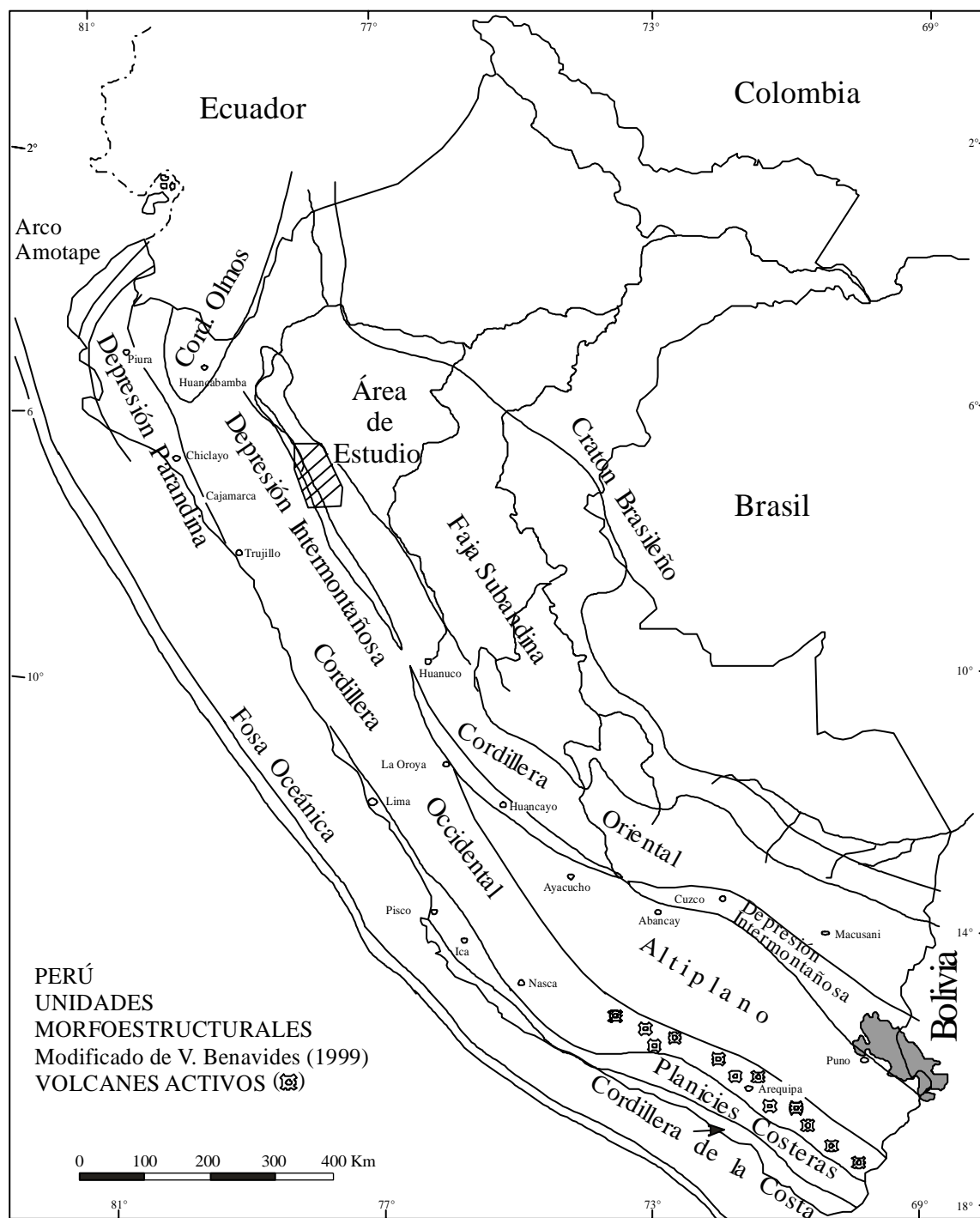


Figura. 1. Ubicación del área de estudio.

Planteamiento del problema

El área entre los 6° 30' y 7° 30' de latitud sur en la Cordillera Oriental y valle del Maraón no tiene estudios de las rocas magmáticas ni de la mineralización aurífera. De acuerdo a sus rasgos geológicos, se encuentran rocas graníticas y evidencias de mineralización en la explotación artesanal de vetas de cuarzo con oro.

El yacimiento más septentrional del distrito minero Pataz - Parcoy - Buldibuyo, se encuentra a 20 km al sur del área de estudio, formado por vetas de cuarzo y oro emplazadas mayormente dentro de rocas graníticas, y distribuidas en un corredor estructural a lo largo de 60 km. Allí, se han hecho diversas investigaciones acerca del magmatismo y la mineralización, considerándole como una zona de gran potencial en vetas auríferas tipo orogénico (Haeberlin, 2002).

El área del presente estudio ubicada entre los 6° 30' y 7° 30' de latitud sur en la Cordillera Oriental (Santo Tomás-Bambamarca) es parte de la unidad morfoestructural de Pataz-Parcoy-Buldibuyo.

Objetivos

El objetivo general del estudio es conocer las características geológicas de la Cordillera Oriental en el Norte del Perú en relación con la mineralización aurífera y los Batolitos Graníticos. Específicamente se trata de:

- Estudiar la petrografía, geoquímica y edad de emplazamiento de las rocas graníticas.
- Estudiar la mineralización existente, en relación con las rocas de caja y los rasgos estructurales en el contexto de la geología regional.
- Como hipótesis de trabajo se plantea la idea que tanto las rocas plutónicas como las volcánicas estarían relacionadas genéticamente en un contexto de convergencia de placas durante el Carbonífero.

Marco geológico

Las unidades litoestratigráficas que se encuentran en la región de estudio figuran en la columna estratigráfica compuesta (Fig. 2) del área entre Bolívar y Leimebamba; su distribución espacial, así como las principales estructuras que existen en la zona se ha registrado en el mapa geológico simplificado. Se distinguen las unidades estratigráficas separadas por discordancias: el Complejo del Mara-

ñón, como son: las unidades del Paleozoico inferior, Paleozoico superior, la secuencia carbonatada del Triásico superior - Jurásico inferior, y las unidades cretácicas.

La deformación se manifiesta como mayor grado de metamorfismo regional dentro del **Complejo del Maraón** que ha sufrido polideformación. Existen bloques del Complejo levantados desigualmente y en forma escalonada. La esquistosidad varía desde esquistosidad penetrante simple, a clivaje pizarroso moderado a suave en rocas del paleozoico inferior. En las unidades del **Carbonífero** se observan inclinaciones y pliegues moderados y afloramientos limitados por fallas en el sector oriental del río Maraón, se tienen relaciones de discordancia angular. Las **rocas mesozoicas** han sido afectadas por plegamiento y fallamiento con tendencia de empuje hacia el noreste en las rocas cretácicas que conforman la zona imbricada. Sobre el basamento las rocas mesozoicas tienen pliegues moderados a suaves y han sido afectados por fallas que han ocasionado el descenso de bloques a modo de graben. Pliegues y fallas siguen la dirección andina NO - SE.

METODOLOGÍA

Se han realizado tareas mutuamente complementarias y alternantes de gabinete, de campo y de laboratorio. Entre ellas las actividades siguientes:

1. Búsqueda y revisión de información bibliográfica. Mapa base, a escala 1: 100,000, imágenes satelitales, fotos aéreas. Interpretación de imágenes de Satélite Landsat TM 7,4,2 RGB y Aster 3,2,1 RGB impresas en los laboratorios del INGEMMET.
2. En el campo estudio de las rocas plutónicas, de las rocas volcánicas y estructuras mineralizadas, colección de muestras para petrografía, mineragrafía, análisis químicos, dataciones y otros.
3. Estudios microscópicos para determinar la composición mineralógica, las texturas, las microestructuras y luego clasificación modal de la roca.
4. Análisis de elementos mayores, menores, trazas, tierras raras; empleados en la caracterización geoquímica de las rocas y para las interpretaciones petrogenéticas.
5. Análisis de las muestras de vetas y estudio microscópico, para definir relaciones entre las especies minerales, su abundancia relativa y las microestructuras.

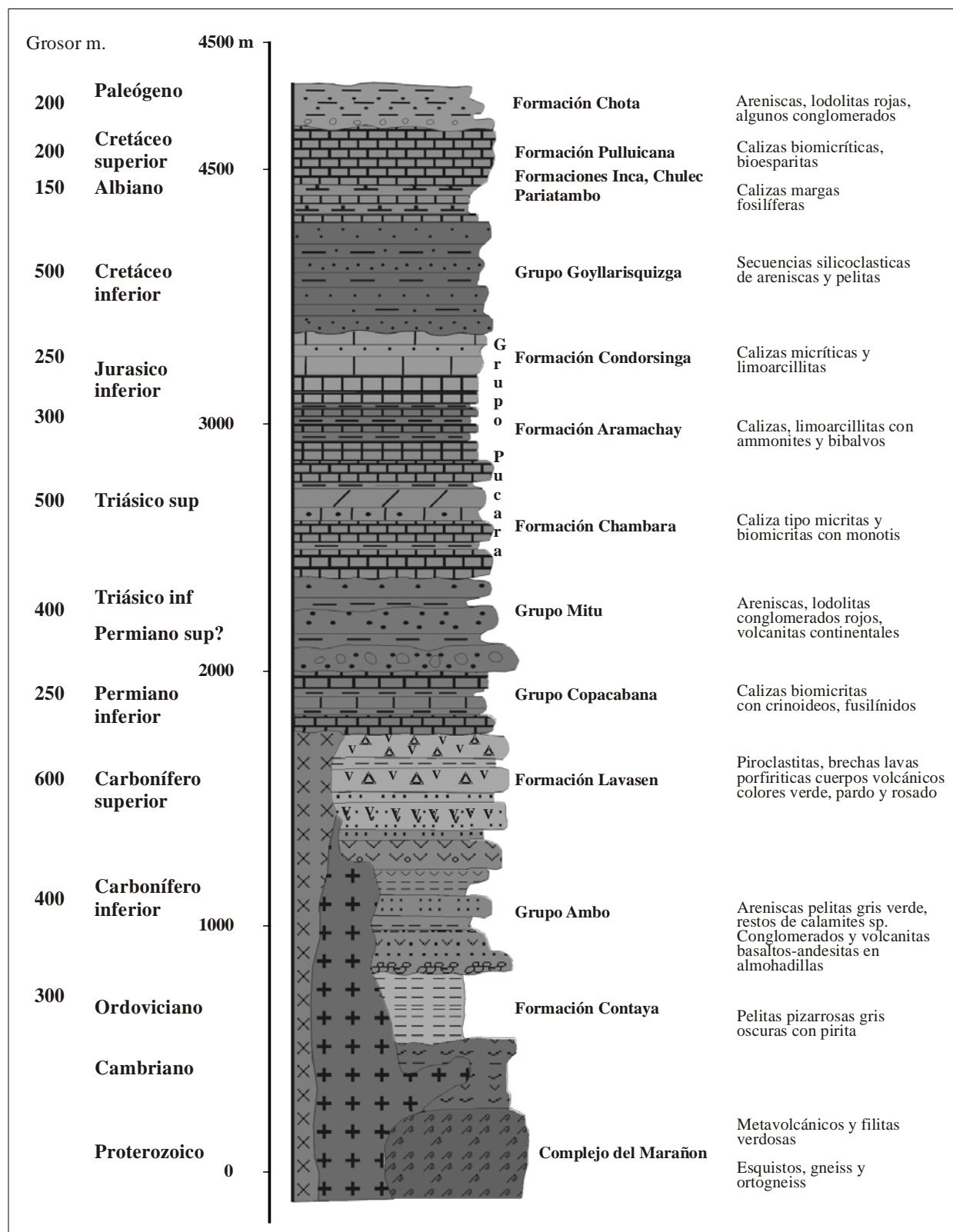


Figura 2. Columna Estratigráfica compuesta del área Bolívar-Leimebamba.

TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO

Se ha reinterpretado en imágenes satélite Landsat y Aster la geología entre Bambamarca-Bolívar-Celendín-Santo Tomás a la escala 1:100,000, con verificación en el terreno, dando como producto el mapa geológico simplificado. A la vez se ha coleccionado 48 muestras de rocas intrusivas, 43 de vetas de cuarzo, 20 de rocas metamórficas, 16 de volcánicas y diques, 3 de alteraciones, 2 xenolitos; las que han sido estudiadas bajo el microscopio, y/o analizadas por elementos mayores y trazas. En el campo se ha priorizado el estudio de las rocas graníticas del Batolito Gollón-Callangate y de las evidencias de mineralización.

Batolito Gollón - Callangate

Conformado por cuerpos plutónicos e intrusivos menores dispuestos de manera discontinua, a lo largo de 100 km y en una franja de 19 a 22 km de ancho, entre los poblados de Bambamarca, Sichaya (La Libertad) en el sur y Santo Tomás (Amazonas) en el norte. Se le denomina «Batolito de Gollón - Callangate», de acuerdo a la localización del pueblo de Gollón (Amazonas) que se encuentra en la parte central de los cuerpos plutónicos del sector norte y el Tambo de Callangate localizado también en la parte central y sur de los plutones del sector meridional del área de estudio. Se trata de un batolito compuesto mayormente por plutones simples que forman parte de la faja granítica de la Cordillera Oriental, que se extiende a lo largo de aproximadamente 500 km hasta el centro del Perú (Huánuco).

El Batolito de Gollón-Callangate está emplazado en rocas del Complejo del Marañón, y del Paleozoico inferior y superior hasta el Grupo Ambo y parte de la Formación Lavasén, que también se le encuentra como techos colgantes. Las capas rojas del Grupo Mitu del Permiano superior, yacen sobre el Batolito en discordancia heterolítica. La mayoría de cuerpos plutónicos tienen por lo menos un contacto tectónico ya sea con las rocas de caja o con rocas más jóvenes.

Las rocas ígneas plutónicas e intrusivos menores del batolito se describe según el esquema de clasificación modal de Streckeisen, A. (1976) y se les ha registrado como unidades litoestratigráficas según su ubicación geográfica y de acuerdo con términos litológicos representativos de la unidad (figura 3), atendiendo las recomendaciones de la Guía Estratigráfica Internacional, versión abreviada (Reguant S., Ortiz R., 2001) y considerando similitudes en el campo, rasgos petrográficos y en composición. Se han diferenciado las siguientes unidades:

- Diorita Yalen, es un cuerpo pequeño de 200 a 300 metros que se encuentra 1 km al oeste-sudoeste de Yalen en las márgenes del río Cujibamba-Sute.

Se trata de una roca holocristalina de grano medio, mesócrata, que yace a modo de bloques remanentes y xenolitos en el borde occidental dentro de un cuerpo granítico que se encuentra emplazado en rocas metamórficas del Complejo del Marañón.

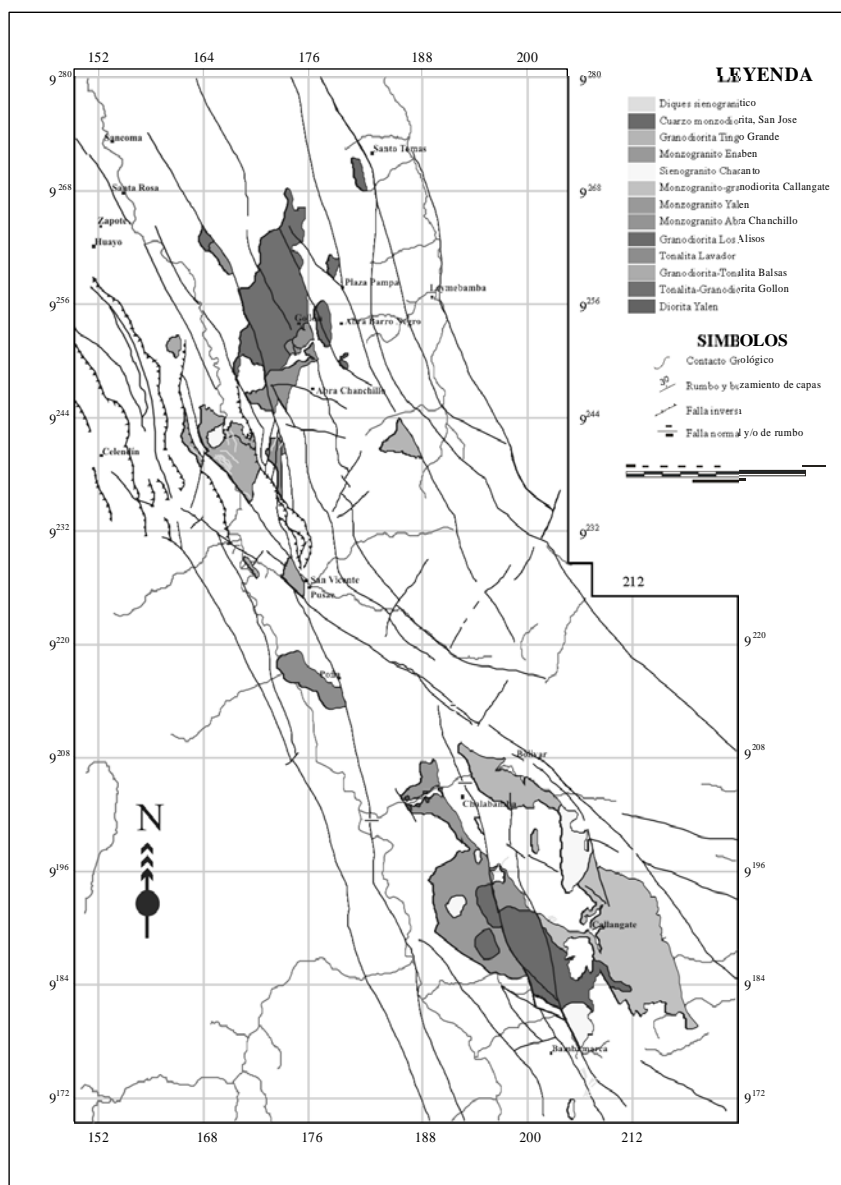
- Tonalita-Granodiorita Gollón es un cuerpo plutónico que se encuentra al norte del Abra de Chanchillo entre los ríos Illabamba-Gollón y Quebrada Soledad, tiene forma alargada de orientación Norte-Sur de 15 km de largo y 7 km en sentido E-O, alcanza altitudes máximas de 3500 msnm. Tiene relación de corte discordante con las rocas del Complejo del Marañón, aunque también se observan contactos tectónicos en la quebrada Yauman por una falla de dirección NO-SE. Tiene relación intrusiva con el Grupo Ambo y rocas volcánicas verdes al este de Gollón y en la quebrada Bocanegra; es cubierto discordantemente por calizas del Grupo Pucará en el extremo nororiental del cuerpo plutónico. La textura de esta unidad es primaria, de grano medio, inequigranular, contiene minerales félsicos entre 60-70% y los máficos abundan en el orden de 30 a 40%, con predominio de biotita entre 15-30% y hornablenda de 5-15%.
- Granodiorita-Tonalita Balsas a lo largo de la carretera Celendín-Chacanto-Leimebamba y Chacanto-San Vicente-Bolívar; emplazada dentro del Complejo del Marañón mediante una línea de contacto de trazo irregular en la parte norte, sus contactos son tectónicos tanto al este como al oeste, mediante fallas de dirección andina. El Grupo Mitu cubre a la granodiorita-tonalita Balsas en la carretera Celendín-Balsas. La granodiorita-tonalita de Balsas tiene textura primaria, de grano medio a grueso, inequigranular con promedio de 30% de minerales máficos, 70% de minerales félsicos.
- Tonalita-Granodiorita Lavador, es un cuerpo alargado emplazado en el Complejo del Marañón, Grupo Ambo y la Formación Lavasén, tiene aproximadamente 11 kilómetros de largo, 2,5 a 3 km de anchura entre la desembocadura del río Miriles en el Marañón y paraje Lavador siguiendo una dirección NO-SE. Sus afloramientos se encuentran entre 950 y 2900 metros de altura, sus contactos son discordantes; no obstante su contacto oriental al sudeste de Poña es una falla de longitud regional que lo pone en contacto con rocas silíceas y carbonatadas del Cretáceo inferior y superior. Dentro de esta unidad se observan algunas vetas de cuarzo blanco, así como algunos diques afaníticos gris verdosos de dirección NO-SE y diques de aplitas con orientación similar.
- Granodiorita Los Alisos, ubicada al norte de Bambamarca y al oeste del Tambo de Callangate entre el río Chocta y la quebrada Pana como un

cuerpo alargado en dirección NNO, rodeado de cuerpos graníticos más jóvenes, en las cumbres de los interfluvios es una roca bastante meteorizada y disgregable. Tiene 15 km de largo y 5 km de anchura; sus contactos orientales son mayormente intrusivos con rocas graníticas, en cambio, la Formación Lavasén le sobreyace a modo de cubierta. Se le clasifica como monzogranitos y raras veces como granodioritas.

- Monzogranito Abra Chanchillo tiene mayor contenido de feldespato potásico en relación con la tonalita-granodiorita Gollón que se encuentra al norte de esta unidad. Este granito rojo es como un cuerpo alargado entre el río Gollón y la quebrada Honda.
- Monzogranito Enaben en ambos lados del río Cujibamba como un macizo plutónico de 12 km

en sentido NO-SE y una anchura de 4 km. Emplazado en rocas volcánicas de la sección inferior de la Formación Lavasen y cubierto en las partes altas por rocas piroclásticas atribuidas a la misma unidad. La mayor parte del macizo es un monzogranito de grano medio.

- Sienogranito Chacanto es un conjunto de cuerpos graníticos rojos a rosados a modo de pequeños stocks y diques emplazados dentro de la Granodiorita - Tonalita Balsas, inclinados al suroeste con ángulos moderados a suaves (60° - 20°); sus grosores son variables (de algunos metros a decenas de metros). Constituyen la unidad intrusiva más joven dentro del conjunto de rocas graníticas que conforman el Batolito Gollón-Callangate. Se observan clastos de sienogranito en los conglomerados del Grupo Mitu. Su litología incluye sienogranitos, granitos feldespáticos alcalinos, aplitas.



Mapa de Unidades del Batolito

Estructura

El Batolito Gollón - Callangate es un conjunto de 15 cuerpos plutónicos simples que se encuentran a lo largo de una faja de 100 km y 20 km de ancho, en dirección NO-SE, ocupando una extensión aproximada de 500 km² en el eje de Cordillera Oriental y su flanco que da al río Marañón. Sirven como roca encajonante esquistos, gneises y metasedimentos del Complejo del Marañón, pelitas de la Formación Contaya, rocas volcánicas y sedimentarias del Carbonífero. En la parte septentrional del área las rocas del Batolito albergan vetas de cuarzo con mineralización aurífera. El Batolito se ha emplazado en un bloque Proterozoico-Paleozoico controlado por fallas de dirección NNO-SSE que tienen recorridos regionales. Las esquistosidades y foliaciones que se observan en el Complejo del Marañón anteceden al emplazamiento del Batolito.

Mineralización

El batolito Gollón-Callangate forma parte de la Provincia Andina Oriental descrita por Bellido E. y De Montreuil L.(1972), subprovincia aurífera con mineralización en filones, principalmente como relleno de fisuras donde el oro se presenta como inclusiones en el cuarzo y pirita y como solución sólida en el sulfuro de hierro; relacionadas a procesos tectónicos y magmáticos de los ciclos Paleozoico y Mesocenoico. Las evidencias de mineralización, se encuentran en la vecindad de Chalabamba, en Lavador y al norte de Gollón como vetas de cuarzo que en algunos casos han sido trabajadas artesanalmente, aparte existen algunas estructuras con Au en el Complejo del Marañón al oeste de Santo Tomás. La mayoría de las vetas con contenidos de mineralización de oro se encuentran en rocas graníticas excluyendo aquella que se encuentra entre Chalabamba y Molinete al oeste-sudoeste de Bolívar.

En el Área Gollón hay vetas de cuarzo emplazadas principalmente en la tonalita-granodiorita Gollón. Siguen una dirección general NO-SE, sin embargo existe variación entre N-S a N 50° O y están inclinadas con ángulos 32° a 75° al este-noreste; además existen algunas ramificaciones de las vetas o estructuras secundarias que siguen direcciones al noreste e inclinadas al SE. Se ha observado la presencia de 15 vetas de cuarzo con grosores variables menores de 1 metro y entre altitudes de 1400 a 3400 msnm, la mayoría de ellas a lo largo de las cumbres entre los cerros Sombrero y Chone y el río Gollón. Por ejemplo, la veta Mónica, ubicada en la parte alta del cerro Chone a una altura de 2900 msnm, tiene una dirección N 25° O inclinada 32° al NE en superficie cambia su inclina-

ción en profundidad llegando a 45° al NE. Su grosor en superficie varía de 30 a 70 cm; se observa que tiene hacia los bordes material deleznable de color marrón amarillento con limonitas, material de la roca caja y muscovita tanto en la zona de óxidos como en las paredes adyacentes. El cuarzo blanco constituye el cuerpo principal de la veta, es macizo con formas lenticulares, suele presentar venillas de cuarzo gris y venillas con óxidos.

En resumen se puede decir que las estructuras de cuarzo en las rocas plutónicas siguen el rumbo NO-SE están inclinadas mayormente al E y NE, tienen frecuentemente evidencias deformación tipo cizalla y un buen número de vetas está acompañado de diques máficos, gris oscuros, afaníticos.



Foto 1. Veta Granada. Viendo al NO.

TRABAJOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Se han realizado estudios petrográficos de muestras del Batolito, de los volcánicos Lavasen y del complejo metamórfico, conocer la composición modal, clasificarlas.

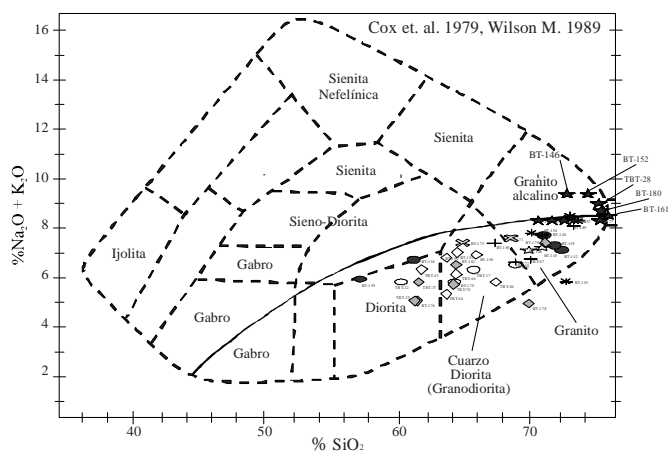


Figura 4. Clasificación de las rocas plutónicas del Batolito Gollón - Callangate, según el esquema de Cox et. al. adaptado por Wilson M., 1989. Se observa variación de diorita a granito.

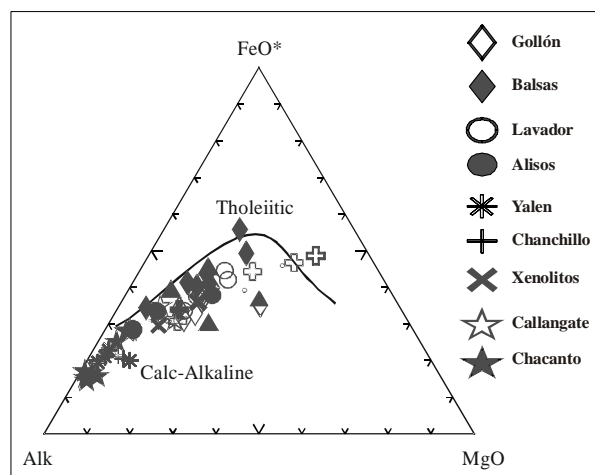


Figura 5. Diagrama AFM para rocas ígneas. Se han graficado las rocas plutónicas del Batolito Gollón - Callangate y algunas muestras de la Formación Lavasen. Los símbolos son iguales para todas las figuras.

Las muestras de veta en muestras de mano no evidencian mayor contenido de minerales de mena. Bajo el microscopio se puede diferenciar pirita, galena, escalerita, trazas de oro libre, electrum y plata nativa. Se han hecho estudios multielementales de las muestras de vetas.

Por otra parte las rocas plutónicas se han analizado por elementos mayores y trazas a fin de tener idea acerca del ambiente de formación, el material original y los procesos hasta su cristalización. La figura 4 corresponde clasificación química de las rocas del Batolito Gollón-Callangate en base al contenido alcalino total y sílice.

En el diagrama AFM, donde A ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) es expresado como Alk (Fig. 5), F($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) representado como FeO^* y M (MgO); según la línea de división entre el campo Toleítico y Calco alcalino propuesta por Irving & Baragar (1971), permiten concluir que las unidades del Batolito Gollón - Callangate son un conjunto de rocas con tendencia calco alcalina, con excepción de la muestra TBT - 25 de la unidad Balsas y las muestras híbridas BT - 187 y BT - 188, las tres son del valle de Huanabamba y se han tomado donde es evidente la mezcla con material máfico del Complejo del Maraón.

El grafico discriminante del contenido de potasio (Fig. 6) indica que la gran mayoría de rocas caen en el campo de alto contenido de potasio, algunas muestras de las unidades Balsas y Gollón tienen contenido moderado de K, dos muestras de la unidad Enaben y tres de Chacanto tienen contenido de K muy alto y caen en el campo shoshonítico.

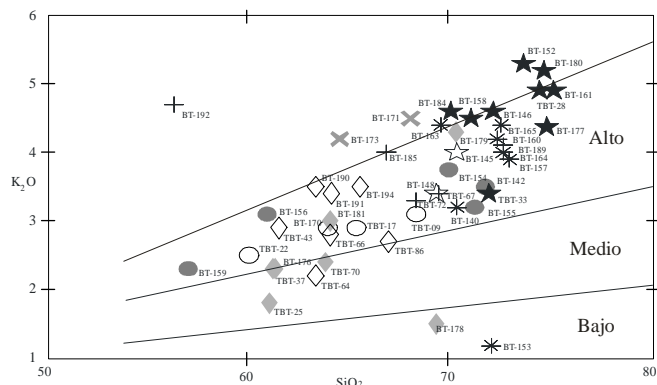


Figura 6. Discriminante de contenido de K, la mayoría del Batolito tiene alto contenido de K, con excepción de algunas tonalitas de Gollón y Balsas.

Los análisis por elementos traza de rocas del Batolito se han planteado en un diagrama tipo araña multielemental, normalizado al manto primitivo y a la condrita Nakamura 1974 (Fig. 7); indican que es representativo de una tendencia de evolución calco alcalina característica de un ambiente de subducción con empobrecimiento de Nb, Sr, P, Ti y enriquecimiento de Pb, K, Th, U, Rb; rasgos similares muestran las rocas volcánicas de la Formación Lavasen, aunque algo más evolucionados.

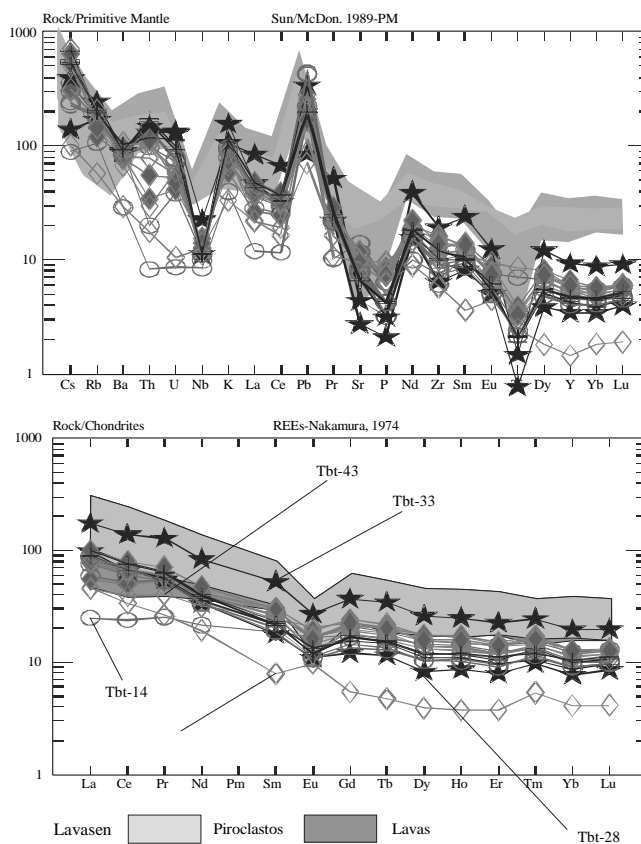


Figura 7. Diagramas de tierras raras en los conjuntos de las rocas graníticas del Batolito Gollón-Callangate y la Formación Lavasen. Se observa que ambas tienen distribución similar de tierras pesadas y ligeras, si bien las volcánicas parecen algo más diferenciadas.

5. CONCLUSIONES

- En el batolito Gollón-Callangate se han identificado 9 unidades plutónicas e intrusivas, que de acuerdo a la clasificación QAP varían entre tonalitas a sienogranitos. Estas unidades pertenecen a las asociaciones de tonalitas, granodioritas calco alcalinas, monzoníticas subalcalinas y potásico aluminicas.
- Las unidades del Batolito gradan de dioritas-granodioritas-granito-granito alcalino, según el diagrama de Cox et. al. 1979, adaptado por Wilson M., 1989.
- En el diagrama AFM y en diagramas binarios SiO₂ versus alcalinos, según las subdivisiones de Irving y Garagar (1971); casi la totalidad de muestras son subalcalinas, caen en el campo calco alcalino y mayormente tienen alto contenido de potasio.
- Los elementos traza indican que las rocas plutónicas del Batolito Gollón - Callangate y las rocas volcánicas de la Formación Lavasen son de ambiente de subducción con unidades cada vez más diferenciadas.
- Las rocas plutónicas, de acuerdo a sus relaciones de contacto, se han emplazado en bloques de rocas proterozoicas y paleozoicas controlados por fallas profundas de longitud regional; mediante mecanismos de agrietamiento y partición de cuerpos rígidos, relacionados a ascenso del magma, stoping, y subsidencia de bloques dentro del cuerpo magmático ascendente con asimilación parcial de fragmentos de la roca techo.
- Dataciones K-Ar publicadas indican que las unidades de Balsas y Callangate se emplazaron entre los 346 a 329 Ma.; de acuerdo a sus relaciones de yacencia las unidades plutónicas e intrusivas del Batolito Gollón-Callangate se emplazaron entre el Missisipiano inferior y el Pensilvaniano inferior.
- El Batolito Gollón-Callangate es simple con plutones de rocas graníticas asociadas con equivalentes volcánicos (Formación Lavasen), formados en un ambiente de arco continental, relacionado a procesos de subducción. Su grado de evolución no refleja netamente una procedencia del manto, en cambio se trataría de granitos de segunda generación, teniendo como causas de su variación procesos de mezcla de magmas o posiblemente algo de asimilación.
- La mineralización de oro en la zona del Batolito Gollón-Callangate conforma filones que yacen emplazados mayormente en tres unidades estratigráficas: el Complejo del Maraón, pelitas pizarrosas del Paleozoico inferior y en cuerpos plutónicos de las unidades Lavador y Gollón, y muestran una notable disparidad en contenidos de oro.

- Los filones de cuarzo y Au son mas frecuentes en la tonalita-granodiorita Gollón. Se han registrado 15 vetas de rumbo NO-SE inclinadas entre 32°-75° al NE con grosores variables menores de 1,2 metros, que suelen variar tanto a lo largo del rumbo como en la vertical, afloran entre altitudes de 1400 a 3400 msnm. Los valores que han rendido las muestras analizadas varían entre 0,036 a 4,62 g/t de Au.
- La mineralización de oro de acuerdo con sus relaciones espaciales parece haberse emplazado luego del magmatismo intrusivo y con anterioridad a las secuencias de rocas marinas del Pensilvaniano-Permiano inferior.
- Comparando el Batolito del distrito minero de Pataz-Parcoy-Buldibuyo con el Batolito Gollón-Callangate, se observa cuerpos plutónicos similares, en ambos existen tonalitas y granodioritas con hornablenda y biotita de grano medio, en las que están emplazadas la mayoría de vetas de cuarzo y Au. También se encuentran monzogranitos en el sector oriental de Pataz, con vetas de baja concentración en Au. Las características estructurales, paragenéticas y las alteraciones son similares en Pataz, Gollón y Lavador.

BIBLIOGRAFÍA

1. Argüelles V. Vidal C. (1982). *Geología de las zonas auríferas de Gigante y Alaska*. 16 Convención de Ingenieros de Minas. Lima, pp. 1-11.
2. Bellido E., De Montreuil L. (1972). «Aspectos generales de la metalogenia del Perú». Servicio de Geología y Minería. Boletín N° 1. *Geología Económica*, 149 pp.
3. Benavides V. (1956). «Cretaceous system of northern Peru». *Bulletin American Museum, Natural History*. New York, Vol. 108.
4. Benavides Cáceres, V. (1999). «Orogenic evolution of the peruvian andes: The andean cycle». En *Geology and ore deposits of the Central Andes*, Editado por B. Skinner, Society of Economic Geologists, Inc. Special Publication, N° 7.
5. Broggi J., A. (1942). «Geología del embalse del río Chotano en Lajas». En *Boletín Sociedad Geológica*. T. 12, fascículo 1, Perú, 23 pp.
6. Cox K., G.; Bell J., D. & Pankhurst R., J. (1979). *The interpretations of igneous rocks*. George Allen and Unwin, London.
7. Dalmayrac B., Laubacher, G., Marocco, R. (1988). «Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos». *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*. Boletín N° 12 serie D. Estudios Especiales. Lima, 31 pp.

8. Geyer O. (1979). Ammoniten aus dem tiefen unterjura von nord peru. *Paleontologische zeitschrift*, Vol. 53. Reviews 13, 727. Elsevier.
9. Haeberlin Y. (2002). «Geological and structural setting, age, and geochemistry of the orogenic gold deposits at the Pataz province, Eastern Andean Cordillera, Perú». *Terre and Environnement*, Vol. 36. Section des Sciences de la Terre, Université de Genève.
10. Hillebrandt A., V. (1981). *Faunas de amonites del Liasico inferior y medio (Hetangiano hasta el Pleinsbachano) de América del Sur. (Excluyendo Argentina)*. Volkheimer, Wolfgang editor, Vol. 2.
11. Kummel B. (1950) «Stratigraphic studies in Northern Peru». Publicado por American Journal of Sciences, volumen 248, pp. 249-263.
12. Laubacher G. (1978). «Estudio geológico de la región norte del Lago Titicaca». Instituto de Geología y Minería. *Boletín* N° 5, serie D. Estudios Especiales. Lima, 217 pp.
13. Loughman D., L.; Hallam A. (1982). *A facies Analysis of the Pucara Group Norian to Toarcian carbonates, organic rich shale and phosphate of central and northern Peru. Sedimentary geology*, 32, pp. 161-194.
14. Macfarlane, A. W.; Tosdal R., M.; Vidal C., E. & Paredes J. (1999). «Geologic & isotopic constraints on the age and the origin of auriferous quartz veins in the Parcoy mining district, Pataz, Perú». In Skinner, B. J., ed., *Geology & ore deposits of the central Andes: Economic Geology Special Publication Series*, Vol. 7, p. 267-279.
15. Mégard F. (1979). «Estudio geológico de los Andes del Perú Central». INGEMMET. *Boletín* N° 8 Serie D, Estudios Especiales, 310 pp.
16. Newell N., D.; Chronic J., Roberts T. (1953). «Upper paleozoic of Peru». *Geological Society American*, Memoir 58, pp. 1276.
17. Newell N., D. y Tafur I. (1943). «Ordovícico fosilífero en la selva oriental del Perú». *Boletín Sociedad Geológica del Perú*. 14, pp. 516.
18. Prinz P. (1985). «Stratigraphie und ammoniten fauna der Pucara gruppe (Obertrias –unterjura) von nord Peru. Stuttgart». *Paleontographica Abt. A*. Bd 188 fg. 46, Mai., pp. 153-197.
19. Reguant S. y Ortiz R. (2001). *Guía estratigráfica internacional*. Versión Abreviada. Editores. Revista de la Sociedad Geológica Española, Vol. 14(34), diciembre, pp. 271-293.
20. Reyes R., L. (1980). «Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba». *Boletín* N° 31. serie A. *Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*, Lima, 70 pp.
21. Sánchez F., Agapito (1995). «Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico». *Boletín* N° 56 serie A: *Carta Geológica Nacional*, Lima, 287 pp.
22. Schreiber D., W.; Fontboté L., & Lochmann D. (1990). Geologic setting, paragenesis & physicochemistry of gold quartz veins. Hosted by Plutonic Rocks in the Pataz Region. *Economic Geology*, Vol. 85, pp. 1328-1347.
23. Steimann G. (1930). *Geología del Perú*. Ed. Heidelberg, 448 pp.
24. Streckeisen, A. (1976). «To each plutonic rocks its proper name». *Earth Sciences Reviews*, Vol. 12. pp. 1-33.
25. Tafur, I. (1950). *Nota preliminar sobre la geología de Cajamarca*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 56 pp.
26. Tarnawieski M., C. (1926). «Geografía económica y geografía minera de la provincia de Pataz. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, Tomo XLIII, trimestre 2 y 3.
27. Wilson, J., J. (1963). «Cretaceous stratigraphy of Central Peru». AAPG. *Geol. Bull*, Vol. 47, N° 1, pp. 1-34.
28. Wilson J., Reyes, L. (1964). «Geología del cuadrángulo de Pataz. Comisión Carta Geológica Nacional». *Boletín* N° 9 serie A, Lima, 91 pp.
29. Wilson J., Reyes L. y Garayar J. (1967). «Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari». Serv. de Geología y Minería, *Boletín* N° 16. Lima, 95 pp.
30. Wilson M. (1989). *Igneous petrogenesis*. Unwin Hyman, London, 466 pp.